

BEST AVAILABLE COPY

DOCKET NO.: 271672US2PCT

533810
JC17 Rec'd PCT/PTO 05 MAY 2005

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Shigeki SAKAI
SERIAL NO.: NEW U.S. PCT APPLICATION
FILED: HEREWITH
INTERNATIONAL APPLICATION NO.: PCT/JP03/14188
INTERNATIONAL FILING DATE: November 7, 2003
FOR: METHOD OF FORMING FILM UPON A SUBSTRATE

REQUEST FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119
AND THE INTERNATIONAL CONVENTION

Commissioner for Patents
Alexandria, Virginia 22313

Sir:

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicant claims as priority:

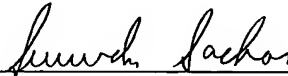
COUNTRY
Japan

APPLICATION NO
2002-325000

DAY/MONTH/YEAR
08 November 2002

Certified copies of the corresponding Convention application(s) were submitted to the International Bureau in PCT Application No. PCT/JP03/14188. Receipt of the certified copy(s) by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.

Respectfully submitted,
OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.



Marvin J. Spivak
Attorney of Record
Registration No. 24,913
Surinder Sachar
Registration No. 34,423

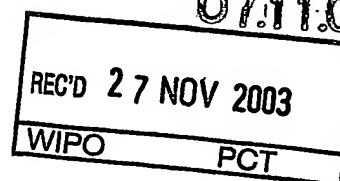
Customer Number

22850

(703) 413-3000
Fax No. (703) 413-2220
(OSMMN 08/03)

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

07:11:03



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2002年11月 8日

出願番号
Application Number: 特願2002-325000
[ST. 10/C]: [JP2002-325000]

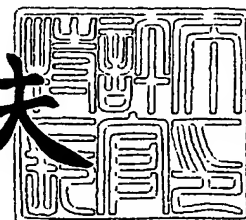
出願人
Applicant(s): 独立行政法人産業技術総合研究所

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年10月 6日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 329-02435

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 C23C 14/24

【発明者】

 【住所又は居所】 茨城県つくば市東1-1-1 独立行政法人産業技術総合研究所つくばセンター内

 【氏名】 酒井 滋樹

【特許出願人】

 【識別番号】 301021533

 【氏名又は名称】 独立行政法人産業技術総合研究所

 【代表者】 吉川 弘之

 【電話番号】 0298-61-3280

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 レーザ蒸着法による成膜方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 真空引きされた堆積室内に配されたターゲットに対しレーザ光を照射し、該レーザ光の照射されたターゲット表面部分のターゲット材料を蒸発させて、該堆積室内にて基板ホルダにより支持されている基板表面上に該蒸発したターゲット材料を堆積させるレーザ蒸着法による成膜方法であって；

上記基板または上記基板ホルダと上記ターゲット上の上記レーザ光の入射点とを、相対的に特定の回転中心軸の周りに回転させるか相対的に空間的に移動させながら、あるいは該相対的回転と該相対的移动を共に行いながら、上記堆積を行うこと；

を特徴とするレーザ蒸着法による成膜方法。

【請求項 2】 請求項 1 記載の方法であって；

上記相対的回転は、上記基板または上記基板ホルダをその中心の周りに回転させることでなすこと；

を特徴とするレーザ蒸着法による成膜方法。

【請求項 3】 請求項 1 記載の方法であって；

上記相対的移动は、上記基板または上記基板ホルダを全体として移動すること
でなすこと；

を特徴とするレーザ蒸着法による成膜方法。

【請求項 4】 請求項 1 記載の方法であって；

上記相対的移动は、上記レーザ光の光路を可変し、上記ターゲット上の上記入射点の空間的位置を移動すること
でなすこと；

を特徴とするレーザ蒸着法による成膜方法。

【請求項 5】 請求項 1 記載の方法であって；

上記堆積中においては、上記レーザ光が常に入射する条件で上記ターゲットを該ターゲットを含む平面内で移動させること；

を特徴とするレーザ蒸着法による成膜方法。

【請求項 6】 請求項 1 記載の方法であって；

上記レーザ光は複数本を用いること；
を特徴とするレーザ蒸着法による成膜方法。

【請求項 7】 請求項 6 記載の方法であって；

上記ターゲットも複数個あり、該複数個のターゲットの一つ一つに対し、少なくとも一本以上のレーザ光を照射すること；
を特徴とするレーザ蒸着法による成膜方法。

【請求項 8】 請求項 1 記載の方法であって；

上記基板ホルダに支持される基板は複数枚であること；
を特徴とするレーザ蒸着法による成膜方法。

【請求項 9】 真空引きされた堆積室内に配されたターゲットに対しレーザ光を照射し、該レーザ光の照射されたターゲット表面部分のターゲット材料を蒸発させて、該堆積室内にて基板ホルダにより支持されている基板表面上に該蒸発したターゲット材料を堆積させるレーザ蒸着法による成膜方法であって；

予工程で情報収集用に準備した試験用基板と上記ターゲット上の上記レーザ光の入射点の空間的位置の位置関係を固定した状態で該ターゲットに上記レーザ光を照射するか、該試験用基板を回転させながら該ターゲットに上記レーザ光を照射するかしながら、一定の照射時間に応じて堆積された上記試験用基板上の膜厚分布情報を予め得た後；

本工程においては、上記基板または上記基板ホルダと上記ターゲット上の上記レーザ光の入射点とを、相対的に特定の回転中心軸の周りに回転させるか相対的に空間的に移動させながら、あるいは該相対的回転と該相対的移动を共に行いながら、上記予め得た膜厚分布情報に基づき、各相対位置関係における堆積時間を調整すること；

を特徴とするレーザ蒸着法による成膜方法。

【請求項 10】 請求項 9 記載の方法であって；

上記膜厚分布情報は、上記試験用基板と上記ターゲット上の上記レーザ光の入射点との固定の位置関係自体を変えて複数収集すること；

を特徴とするレーザ蒸着法による成膜方法。

【請求項 11】 請求項 9 記載の方法であって；

上記堆積時間の調整は、上記レーザ光の照射時間の調整によること；
を特徴とするレーザ蒸着法による成膜方法。

【請求項 12】 請求項 9 記載の方法であって；

上記堆積時間の調整は、上記基板を連続回転させるときの回転速度の調整と、
該基板を相対的に移動させるときの移動速度の調整の、一方または双方によること；

を特徴とするレーザ蒸着法による成膜方法。

【請求項 13】 請求項 9 記載の方法であって；

上記相対的回転は、上記基板または上記基板ホルダをその中心の周りに回転させることでなすこと；

を特徴とするレーザ蒸着法による成膜方法。

【請求項 14】 請求項 9 記載の方法であって；

上記相対的移動は、上記基板または上記基板ホルダを全体として移動すること
でなすこと；

を特徴とするレーザ蒸着法による成膜方法。

【請求項 15】 請求項 9 記載の方法であって；

上記相対的移動は、上記レーザ光の光路を可変し、上記ターゲット上の上記入
射点の空間的位置を移動すること；

を特徴とするレーザ蒸着法による成膜方法。

【請求項 16】 請求項 9 記載の方法であって；

上記堆積中においては、上記レーザ光が常に入射する条件で上記ターゲットを
該ターゲットを含む平面内で移動させること；

を特徴とするレーザ蒸着法による成膜方法。

【請求項 17】 請求項 9 記載の方法であって；

上記レーザ光は複数本を用いること；

を特徴とするレーザ蒸着法による成膜方法。

【請求項 18】 請求項 17 記載の方法であって；

上記ターゲットも複数個あり、該複数個のターゲットの一つ一つに対し、少な
くとも一本以上のレーザ光を照射すること；

を特徴とするレーザ蒸着法による成膜方法。

【請求項 19】 請求項 9 記載の方法であって；

上記基板ホルダに支持される基板は複数枚であること；

を特徴とするレーザ蒸着法による成膜方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、レーザ・アブレーション法とか、特に用いるレーザがパルス・レーザである場合にはPLD(Pulse Laser Depositon)法と呼ばれるレーザ蒸着法による成膜上の改良に関する。

【0002】

【従来の技術】

上述のようなレーザ蒸着法は、酸化物強誘電体、絶縁体、導電性酸化物、酸化物超伝導体、酸化物磁性体等々、多くの材料の薄膜作製のために特に研究レベルで広く用いられている。多くの利点を有し、将来性が極めて高いからである。

【0003】

図3には、この方法に用いる基本的な装置構成例が示されているので、これに即してまず基本的な点に就き説明すると、真空排気装置14により内部を所望の真空度の真空に引かれる堆積室13内に置かれた一つまたは複数のターゲット12に対し、外部から図示していないレーザ光導入窓を介してレーザ光LBが照射される。すると、レーザ光LBが照射されたターゲット表面付近のターゲット構成材料が蒸発（アブレート）し、蒸発材料の発光状態であってプルーム15と呼ばれる、ターゲット法線方向に伸び、当該法線を対称中心線として膨らんだ一種霧状の塊の形状となって当該ターゲット材料が放散し、これが基板ホルダ21にて支持された基板11上に堆積する。堆積室13内には必要に応じてガスを導入するが、例えば酸化物形成には酸素ガスを、窒化物形成には窒素ガスを導入することが多い。また、これも必要に応じ、基板11は一般に基板ホルダ21に備えられたヒータ16により加熱される。

【0004】

このようなレーザ蒸着法では、ターゲット12に入射した部分だけ局所的にアブレートするので、好ましいことに、ターゲット材料の化合状態がストレートに基板上堆積化合物の状態に反映する傾向がある。また、酸素等の導入ガスの容器内圧力は、低真空から高真空状態迄の広範囲から相当任意に最適値を選ぶことができる利点もある。こうした手法と良く比較される成膜法にスパッタリング法があるが、これは容器中に放電を起こさせる必要があり、その主体となるガスはアルゴンガスである。従って、酸素を導入したとしてもその圧力可変範囲は狭く、酸化物成膜を目的とする場合、適正な条件が選べないことが多い。実際、レーザ蒸着法で作製した例えば酸化物超伝導体は、その超伝導臨界温度はバルクの物性値に匹敵するし、また、強誘電体薄膜を成膜した場合にはその分極値も大きく、構造的に緻密でリーク電流も小さい等、優れた薄膜特性を得られることが多い。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

このように、成膜される薄膜の物性制御性や特性の良好さ、相当に任意種類の薄膜を生成できるという融通性の高さ等々、優れた利点を多く有するレーザ蒸着法ではあるが、しかしまだ、解決されねばならない課題も残っていた。それは、成膜される薄膜の厚さの均一性に関する問題であり、これまでは基板上に成膜された薄膜の膜厚分布は相当な変動巾を持っていた。これは上述したように、ターゲット上のレーザ照射部（ターゲット・スポット）からターゲット法線方向に向けてプルーム15が出来、プルーム15の中心線（ターゲット法線）上に相当する部分に当たった基板部分では堆積量が多く、中心線から離れるとそれが急激に減少するからである。この欠点は、もちろん、基板面積が大きくなる程、顕著になるため、大面積の成膜には全く適さない現状にあった。

【0006】

【課題を解決するための手段】

本発明は上記目的を達成するために、真空引きされた堆積室内に配されたターゲットに対しレーザ光を照射し、このレーザ光の照射されたターゲット表面部分のターゲット材料を蒸発させて、堆積室内にて基板ホルダにより支持されている基板表面上に蒸発したターゲット材料を堆積させるレーザ蒸着法による成膜方法

として、基板または基板ホルダとターゲット上のレーザ光の入射点とを、相対的に特定の回転中心軸の周りに回転させるか相対的に空間的に移動させながら、あるいはこれら相対的回転と相対的移动を共に行いながら、堆積を行うように改良する。

【0007】

しかるに、これに際してより具体的には、最終的に利用に供し得る薄膜（製品薄膜）を基板上に作成する本工程に入る前に、予工程として、試験用基板とターゲット上のレーザ光の入射点の空間的位置の位置関係を固定した状態でターゲットにレーザ光を照射するか、試験用基板を回転させながらターゲットにレーザ光を照射するかしながら、一定の照射時間に応じて堆積された試験用基板上の膜厚分布情報を予め得ておき、本工程においては、上記のように基板または基板ホルダとターゲット上のレーザ光の入射点とを、相対的に特定の回転中心軸の周りに回転させるか相対的に空間的に移動させながら、あるいはこれら相対的回転と相対的移动を共に行いながら、このようにして予め得た膜厚分布情報に基づき各相対位置関係における堆積時間を調整することを提案する。なお、この予め得る膜厚分布情報は、少なくとも試験用基板とターゲット上のレーザ光の入射点との固定の位置関係自体を変えて複数収集しておくこと、本工程において、より精密な膜厚制御が可能となる。

【0008】

また、この堆積時間の調整は、レーザ光の照射時間の調整によることでもできるし、基板を連続回転させるときの回転速度の調整と、基板を相対的に移動させるときの移動速度の調整の一方または双方によることもできる。

【0009】

なお、上記した相対的回転は、基板または基板ホルダをその中心の周りに回転させることでもなすように図るのが一般的であるが、空間的にある特定の中心軸の周りにターゲット全体を回転させること（つまりはレーザ光入射点を空間的に特定の軸の周りに回転させること）でも、装置構成は大掛かりになるものの、なし得ないことはない。相対的移动は、基板または基板ホルダを全体として移動することでもなすことも、レーザ光の光路を変え、ターゲット上の入射点の空間的位

置を移動することでもなすことができる。後者の場合、大きな移動範囲とする場合には、当然のことながら、ターゲットそのものもレーザ光の光路可変に伴って移動させることになる。レーザ光は常にターゲットを照射していなければ意味がないからである。逆に、小さな移動範囲であるならば、ターゲットは固定のままにすることも考えられる。レーザ光の光路を空間的に位置固定されたターゲットへの入射を保つ範囲で可変するのである。

【0010】

さらに、いわゆるターゲットの局所的な「掘れ」を防ぐためには、堆積中に、ターゲット上のレーザ光の入射点の空間的位置は固定とした場合でも、ターゲットそれ自体は当該ターゲットを含む平面内で動かすようにすると良い。

【0011】

ターゲットを照射するレーザ光は複数本であっても良いし、ターゲットも複数個あり、これら複数個のターゲットの一つ一つに対して、少なくとも一本以上のレーザ光を照射するようにしても良い外、基板ホルダに支持される基板も複数枚であっても良く、いずれの場合にも既述した本発明の成膜法の基本構成に従うことができる。

【0012】

【発明の実施の形態】

以下、図1に即し、本発明方法につき説明する。図1(A)は、本図では示していないが既に説明した真空引きされる堆積室内の構造をのみ示しており、特に基板11ないし基板を支持する基板ホルダ21と、レーザ光LB、及びレーザ光LBの照射されるターゲット12の一般化した相対位置関係例を示している。

【0013】

図示の場合、基板11は一般的な円形ウエハ形状を想定しているが、これはそうであることに限らない。また、基板11を支持する基板ホルダ21はこれは既存技術に従って構成して良く、一枚の大きな基板11を支持する形態でも、あるいは図中に仮想線で示すように、相対的に小さな複数枚の基板11を所定の配置で支持するものであっても良い。

【0014】

基板11に対向するターゲット12は、基板を含む面Sfに対し、その表面（すなわち当該ターゲット12を含む平面F）が平行になっている必要は無く、むしろ、本発明により大口径の基板11（複数枚の場合にも枚数を多くすれば結果として総面積は大となる）へのレーザ蒸着法適用が可能となった場合等には、レーザ光LBの光路が当該基板11によって邪魔されないように、図示のように傾斜を持って配置される方が普通になる。

【0015】

以下では便宜のため、レーザ光LBは一般的なパルス・レーザであるとし、従ってレーザ蒸着法はここでは特に既掲のPLD法であると想定して説明を続けるが、予め位置関係について述べておくと、ターゲット12に対し、レーザ光LBは任意角度で入射する。しかし、これによりターゲット材料の蒸発した形態である既述のブルーム15（図3）は当該ターゲットのレーザ光入射点Toにおける法線方向に伸びるものとなる。換言すると、レーザ光LBの入射角の如何によらず、ブルーム15の中心線は一般にターゲット表面の法線となる。

【0016】

図示のように、このターゲット入射点Toでのレーザ光LBとターゲット表面のなす角度（入射角と呼ぶ）を θ とし、また、ターゲット12のレーザ光入射点To（空間的に特定の位置を占める）からの法線が当該基板11を含む面Sfとぶつかる点を ρ とする。これにより、当該 ρ 点からターゲット12のレーザ光入射点Toに向けて伸びるベクトル r_a を考えることができる。本書では記号「 r_a 」は単に英小文字で表してあり、通常の数学表記におけるベクトル表記とは異なるが、これは単に表記の都合である。

【0017】

基板11はこの場合、円形であり、面内二次元方向に x 軸、 y 軸を置き、それらに直交する方向を z 軸として、当該円形基板11の中心を原点 $o(0, 0, 0)$ とし、従って上述の ρ 点は $(X, Y, 0)$ とする。この ρ 点は、図示の場合、基板11の表面にぶつかっているが、実は、後述もするように、基板11を含む面Sf上であれば、基板11の外側で基板11とはぶつからない位置であっても良い。簡単に言えば、レーザ光LBの照射されるターゲット入射点Toにおける法線が基板11上にはぶつからず、そ

の外側で基板11を含む面Sfにぶつかるような相対位置関係であっても良い。

【0018】

さて、座標(X, Y)、ベクトル r_a 、角度 θ の組で表される任意の一配置を選んだとして、まずは基板11を回転させない条件で、図1(B)に平面図的に模式図を示す所も参考にしながら説明を続けると、これまでの手法に即するのみでPLD法を適用した場合、それぞれある特定の温度条件、レーザ・エネルギー、照射時間、真空雰囲気及び環境ガス雰囲気に応じて単位時間内に基板11上に生成される堆積物(薄膜)の膜厚の面内分布は、当該面内の位置の関数となる。この関数をAと置くと、図1(B)に示すように、任意の点の位置を、基板ホルダないし基板回転中心からの極座標 r 、 θ_f で表すと、この関数Aは下式(1)にて表すことができる。

【0019】

$$A(r, \theta_f) \dots\dots\dots (1)$$

【0020】

このままでは、例えば改めて後述する図2(A)に示すように、膜厚のばらつきは相当に大きくなる。図1(B)では、一般に中心付近のプルーム濃度が濃くなることから、実際には膜厚の面内分布もそれに応じた連続的な変化となるが、表記の都合上で段階的に、ドットの密度ないし濃さで、そうした面内分布の変化の模様を表している。もちろん、これも簡単のために、図中では円対称の分布であるかのように示しているが、実際にはそうっていないことが普通である。

【0021】

そこでまず、本発明では、基板11を回転(簡単には等速回転)させながら成膜を行うことを考える。この回転は後述もするように、ターゲット12との間の相対回転で良いが、一般には基板11または基板ホルダ21をその中心軸の周りに回転させる。こうした場合、単位時間内におけるその膜厚分布Bは、下式(2)により表すことができ、動径 r のみの関数となる。

【0022】

$$B(r) = (1/2\pi) \int_0^{2\pi} A(r, \theta_f) d\theta_f \dots\dots\dots (2)$$

尚、上記において表記の都合上、積分範囲を示す添え字位置が少しずれている

が、念のため述べれば、積分範囲は 0 から 2π である。

【0023】

従って、座標 X, Y 、ベクトル r_a, θ で表される、適当個数 N 個の各位置（それぞれを配置 1, \dots 配置 i , \dots 配置 N と呼ぼう）の当該それぞれの配置において少なくとも一回、予工程として準備した試験用基板において基板を回転させずに単位時間当たりの膜厚分布を求めておけば、本工程では等速回転させながら各位置におけるパラメータ、例えば堆積時間を長短調整することで、相当に均一な膜厚分布を持つ薄膜を成膜できる。配置 i に対しての既掲の式(1), (2) の A, B にはそれぞれ下付き文字での添え字 i を付して A_i, B_i と表し、配置 i における堆積時間は t_i と表すと、このときの膜厚分布 C はやはり動径 r の関数となつて、下式(3) のようになる。

【0024】

$$C(r) = \sum_{i=1}^N B_i(r) t_i \dots\dots\dots (3)$$

ここでも Σ 記号の下添え字 $i=1$, 上の添え字 N の位置は表記の都合からずれている。

【0025】

もちろん、調整パラメータとして、堆積時間（プルーム照射時間）を調整するのが最も簡便で作業性も良いが、膜厚に関する他の成膜パラメータ、例えば照射するレーザ・エネルギーを調整するなどしても良いし、それら両者を併せて調整しても良い。場合により、ターゲット 12 へのレーザ光 LB の入射角 θ を可変しても膜厚分布は変化することが本発明者の実験により分かっているので、予め予工程において θ の変化分に対する膜厚分布情報を得ておけば、当該 θ の可変調整も膜厚分布の調整に利用することができる。さらに、等速回転でなくとも、計算は複雑になるが、原理的に膜厚均一化処理は可能である。本発明により膜厚を均一化できるということ、つまりは膜厚を調整できるということは、逆に言えば、均一な膜厚分布ではない、所望の膜厚分布を得ることも、また当然に可能であることを意味している。つまり、本発明によると、意図する膜厚分布を得ることができる一括し得る。

【0026】

しかるに、 r_a, θ を固定して、 X, Y のみを変化させるようにすると、移動機構が簡単になる等、有利な場合がある。 $X=X_0, Y=Y_0$ の配置に対して、基板ホルダ21を止めた状態で、単位時間当たりの膜厚分布 $A(r, \theta_f)$ を一度、予工程で求めておく。ここで、上記した所を奏合すると理解できるように、 $X=X_0, Y=Y_0$ から配置を $X=X_j, Y=Y_j$ に変更しながら当該基板11をターゲットに関し相対回転させることを考えると、単位時間当たりの膜厚分布 $B_j(r)$ は下式(4)により表し得る。

【0027】

$$B_j(r) = (1/2\pi) \int_0^{2\pi} A_o(r', \theta_{f'}) d\theta_f \quad \dots\dots\dots (4)$$

ここで、

$$r' = \{(r \cos \theta_f - x_s)^2 + (r \sin \theta_f - y_s)^2\}^{1/2}$$

$$\tan \theta_{f'} = (r \sin \theta_f - y_s) / (r \cos \theta_f - x_s)$$

であり、 x_s, y_s は移動量を表している。つまり、

$$x_s = X_j - X_0$$

$$y_s = Y_j - Y_0$$

である。

【0028】

こうしたことからすると本発明では X, Y だけを変化させ、 X_0, Y_0 の配置における回転停止時での特定時間ないし単位時間内に生成される膜厚分布を試験用基板において一度だけ求めておけば、それを補償するように、回転させながら配置 j における堆積時間 t_j を調整することで、本工程での基板上には均一または所望の膜厚分布を得ることができる。このときの膜厚分布は下式(5)により表すことができる。

【0029】

$$C(r) = \sum_j B_j(r) t_j \quad \dots\dots\dots (5)$$

【0030】

なお、上記においては、基板11を回転または平行移動させているが、これはもちろん、ターゲット12ないしレーザ光LBの入射点 To に対して相対的な移動であれば良い。つまり、基板11を固定し、照射点 To を回転または移動させても良いことが分かる。さらに、堆積時間 t_j の調整は、実質的にレーザ光LBの照射時間の調整

でなし得る外、相対回転させるときの回転速度や相対移動させるときの移動速度の調整でもなすことができる。

【0031】

予工程においても、基板ホルダ21を等速回転させて予めの膜厚分布情報を得ることも有効である。座標(X, Y)、ベクトル r_a 、角度 θ の組で表されるある配置で生成物の単位時間当たりの膜厚分布を求める。式(2)におけるBを直接、予工程で求める訳である。いくつかの必要な配置における膜厚分布を基板11を等速回転させながら求めることで、それぞれの配置における堆積時間を調整し、均一ないし所望の膜厚分布を得ることができる。

【0032】

レーザ光LBが、入射点Toの空間的位置は固定であっても、相対的にはターゲット12の表面を走査する関係となるように、ターゲット12の方を当該ターゲット12を含む平面F内で回転させたり平行移動させたりすることも実用化ではかなり有効な配慮となり、ターゲット12の一部分のみの「掘れ」を防止し得る。つまり、レーザ光LBは固定の光路に従って照射され、入射点Toの空間的位置は固定であっても、アブレートするターゲット表面の点そのものは時々刻々と変わるようにすると有効だということである。レーザ光の本数も一本に限らない。複数本を同時に用いても良く、その場合にも、従前の手法により、基板11とターゲット照射点（プルーム発生原点）Toとを相対的に回転も移動もさせない状態で単位時間内に得られた予工程における生成物分布（膜厚分布）情報や、位置関係を変えて得られた複数の膜厚分布情報に基づき、堆積パラメータ、主として各部位、各回転角位置におけるレーザ光照射時間 t_i を調整することで、均一または所望の膜厚分布を持つ薄膜を生成できる。

【0033】

以下では本発明に従った実際の作成例を挙げる。基板11として10cm径のシリコン基板を選び、これを略々同径の基板ホルダに支持させた。ターゲット12の材質はHfO₂である。雰囲気ガスは酸素、窒素の混合ガスで、真空度は0.1Torr となるように堆積室内を真空引きしてある。用いたレーザ光LBは波長248nm の KrFエキシマ・レーザ・パルスである。

【0034】

まず、対比のために、従来法によるものとし、各相対位置関係のパラメータとして、ターゲット12の傾き θ を 30° 、ベクトル r の長さを5cm、基板を含む面 S_f とターゲット法線がぶつかる点Aの座標(X, Y)を単位cmで(-5, 0)、つまり、ベクトル表記とすれば、ベクトル r は $(5\cos 60^\circ, 0, -5\sin 60^\circ)$ として、基板11を回転させながら、86分、堆積を行った。

【0035】

その後、分光エリプソメトリ法により膜厚を測定した所、その結果は図2(A)に示すようになり、中心点と最外周とでは、膜厚変動はほぼ200Å（オングストローム）にも達し、極めて大きな不均一性を呈してしまった。なお、こうした操作は、本発明を適用してこれを改善しようとする場合、予工程において予め膜厚分布情報を得ていることに相当する。

【0036】

次に、ターゲット法線が基板を含む面 S_f にぶつかる点を基板11から外し、基板より外側の、 $(X, Y) = (-7, 0)$ （単位は同様にcm）として上記と同条件で堆積を試みた結果、図2(B)に示すように、多少は良くなったとは言え、まだ30nm程度の膜厚のばらつきはあり、これ以上の大径基板であったなら、許容できない状態であった。この特性もまた、予工程において別の試験基板上に得られた、別の膜厚分布情報となり得る。

【0037】

そこで、これまでに説明した本発明方法に従い、上述の図2(A), (B) から得られた膜厚分布情報に基づいて本工程に相当する工程で補償を行い、基板11を回転させながら各部位における堆積時間の調整を行った所、図2(C)に示されるような、膜厚変動幅がなんと±1%以内に入る、膜厚均一化に関し、極めて良好な結果が得られた。なお、図中で、同じ中心からの位置の測定結果が少し上下に幅を持っているのは分光エリプソメトリ法による測定に起因したばらつきである。

【0038】

以上においては、各回転角位置における堆積時間の調整は、文字通りその各位置でのレーザ照射時間調整としたが、既に触れたように、連続回転状態での回転

速度の調整でも、等価的に各部位ごとの堆積時間を調整していることになる。もちろん、レーザ照射時間と回転速度の双方を併せて調整しても良いし、これにさらに、基板11の平行移動操作を加えても良く（実際には基板ホルダ21の移動または相対的にターゲット12の移動となるが）、この際の移動速度もまた、堆積時間調整のパラメータとし得る。また、均一化ではなくて、所望の膜厚分布を得るために本発明を適用できることは最早理解できよう。

【0039】

【発明の効果】

本発明によると、レーザ蒸着法における大きな欠点であった、成膜される膜厚分布の非制御性を大幅に改善でき、極めて均一な膜厚分布を得ることも、所望の膜厚分布を得ることもできる。均一な膜厚分布を得たいとする用途に関しては、換言すれば、従来以上に大口径の基板を用い得ることにもなる。本発明は、種々の利点を有しているレーザ蒸着法の欠点をのみ大きく低減した結果、その本来有している利点を大いに発揮させることができ、各種必要とされる成膜用途に寄与する所、極めて大なるものがある。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明を説明するための説明図である。

【図2】

本発明により得られる特性結果の説明図である。

【図3】

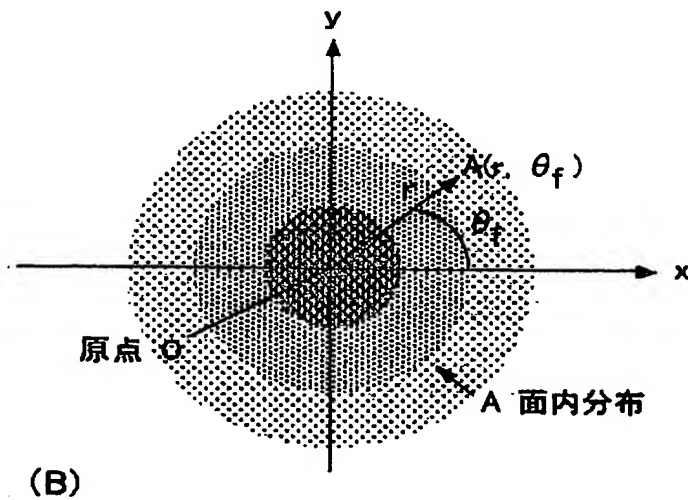
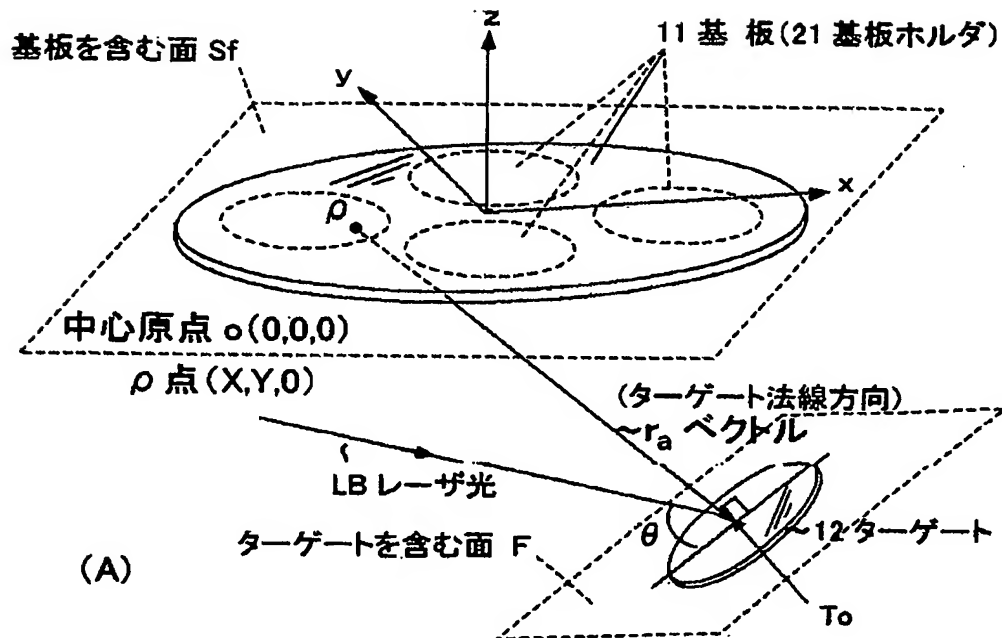
レーザ蒸着法に用いられる装置構成の基本的な概略構成図である。

【符号の説明】

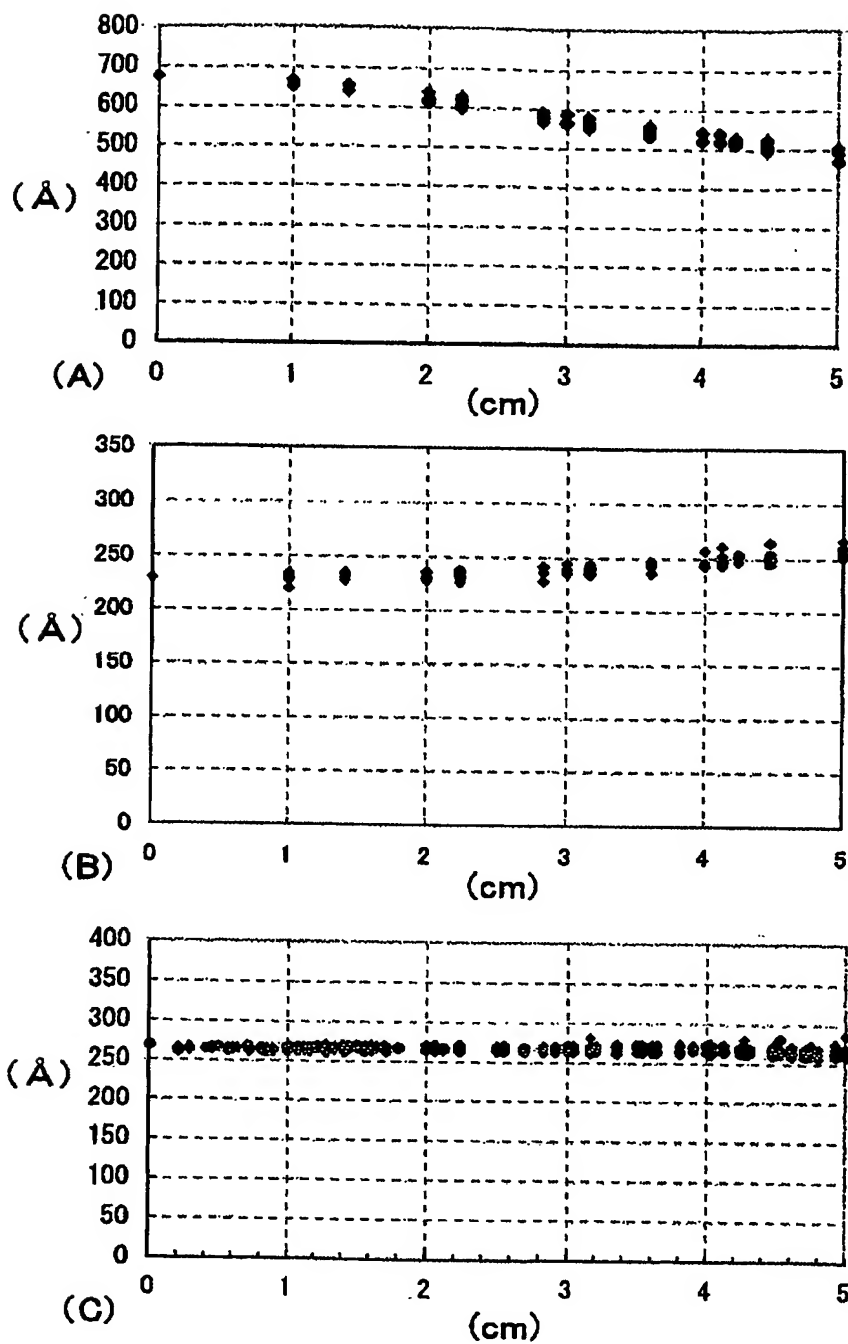
- 11 基板
- 12 ターゲット
- 13 堆積室
- 15 プルーム（蒸発材料の発光状態）
- 21 基板ホルダ
- LB レーザ光

【書類名】 図面

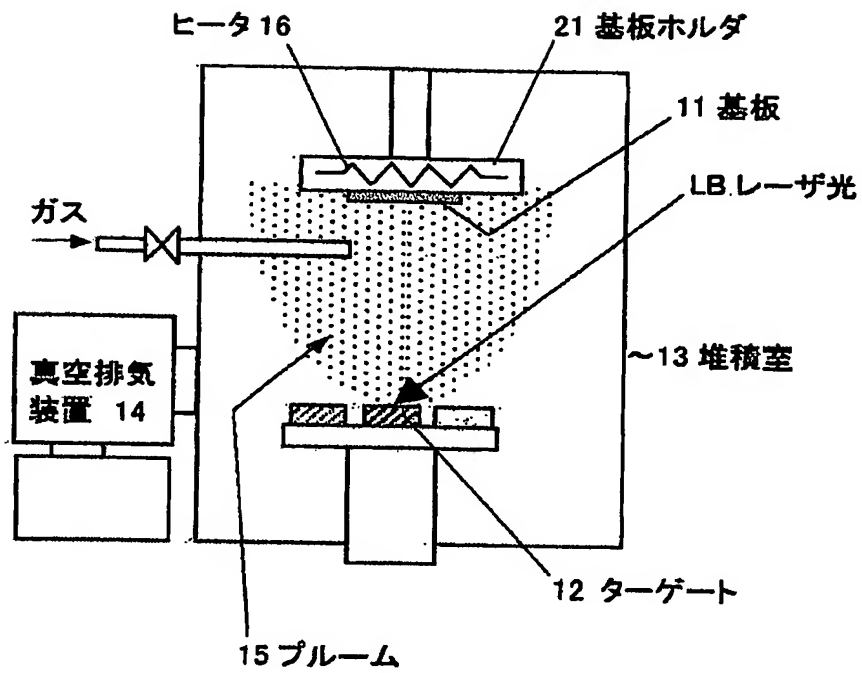
【図 1】



【図 2】



【図3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 レーザ蒸着法により生成される薄膜の膜厚分布を均一化する。

【解決手段】 基板11または基板ホルダ21とターゲット12とを、回転中心軸の周りに相対的に回転させるか、基板11または基板ホルダ21とターゲット11とを相対的に移動するか、あるいはそうした相対的回転と相対的移動を共に行いながらターゲット12に対しレーザ光LBを照射しての堆積を行う。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2002-325000
受付番号	50201689162
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0094
作成日	平成14年11月11日

<認定情報・付加情報>

【提出日】 平成14年11月 8日

次頁無

特願 2002-325000

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[301021533]

1. 変更年月日
[変更理由]

2001年 4月 2日

新規登録

住 所
氏 名

東京都千代田区霞が関1-3-1
独立行政法人産業技術総合研究所

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.